

청라지구 도시홍수방어체계 수립 방안

Establishment of Urban Flood Prevention System of Cheongna District

박종표* / 박창열** / 유창환*** / 이상호****

Jong Pyo Park, Chang Youl Park, Chang Hwan Yu, Sang ho Lee

요 지

비상대처계획수립을 위한 홍수방어체계 구축은 방재적 측면에서 가능최대강수량 유입시 댐 붕괴 조건에 대한 하류지역의 침수범람지도와 대피경로 작성에 관한 내용이 주된 관심사였다. 그러나, 현재 국내에서 계획되고 있는 자연형하천 조성사업, 물순환시스템 조성공사 등에서는 기존의 비상대처계획수립과는 차별화된 홍수시 이용자 대피계획 및 각종 수리구조물의 운영에 대한 비상경보 발령체계 수립을 요구하고 있다.

본 연구는 청라지구 중앙호수와 공촌천, 심곡천 연결부의 하천 배수문 운영, 내부수로 수위조절을 위한 배수펌프 계획과 연계한 상황별 홍수조절 방안을 수립하고 강우, 수위 관측에 의한 비상시 경보발령 기준을 제시하였다.

하천배수문 운영에 따른 중앙호수 저류시설 활용효과 분석을 위하여 100년, 200년빈도 홍수 유입시 조위조건별 내수위 변화를 계산하였다. 수치모의는, 공촌천-중앙호수-심곡천을 연계운영을 위하여 HEC-RAS의 Full Network를 이용하였으며 심곡천, 공촌천과 중앙호수를 연결하는 하천배수문은 계획홍수위 El. 3.75m 이상인 경우 개별적으로 개방하도록 하였다.

모형 수행결과, 계획빈도 홍수시 하천배수문 개방을 통한 중앙호수 저류지 활용방안은 200년빈도, 약최고고조위 내습시에도 청라지구 전체의 치수안정성을 확보할 수 있다. 그러나, 200년빈도 고극조위 이상의 기상조건인 경우에는 심곡천 홍수위가 계획제방고 El. 4.55m를 넘어 비상대처계획 수립이 필요하다. 분석결과를 바탕으로 도시홍수방어체계 구축을 위하여 3단계의 치수안정성 확보 계획을 수립하였으며 하천배수문 개방·차단계획을 고려하여 계획빈도이하 홍수, 계획빈도이상 홍수, 비상상황시로 구분하여 상황별 홍수조절방안을 제시하였다. 또한, 500년빈도 홍수시 폭풍해일을 고려한 하천 수위 분석을 통하여 비상경보 발령체계를 정량적으로 분석하였다. 비상경보발령은 공촌천 수위 El. 3.85 m, 심곡천 수위 El. 3.73 m, 강우강도 39.7mm/hr 이상시이다.

본 연구는 홍수시 모니터링시스템에 의한 비상경보 발령체계 수립을 위한 수위 및 강우조건을 정량적으로 제시하여 차후 개발되는 신도시 물순환시스템의 상황별 홍수조절 방안 및 모니터링 시스템에 의한 경보발령 기준 수립시 활용가능 할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 도시홍수방어체계, 홍수조절방안, Full Network, 홍수예경보시스템

* (주)창대종합기술단 부설 한국수자원컨설팅센터 이사 · E-mail : jppark@hecorea.co.kr
** (주)삼안 수력부 상무, · E-mail : cypark@samaneng.com
*** 창대종합기술단 부설 한국수자원컨설팅센터 책임연구원 · E-mail : cv13@hecorea.co.kr
**** 부경대학교 건설공학부 교수 · E-mail : peterlee@pknu.ac.kr

1. 서론

인천청라지구 경제자유구역은 서해로 유입되는 공촌천과 심곡천이 있으며, 지구 내부에 운하로 사용가능한 내부수로와 중앙호수 등 유역 내에 친수환경적 요소를 다양하게 포함하고 있다. 특히, 중앙호수는 저류지 개념으로 심곡천, 공촌천 홍수조절 역할과 내부수로 수위조절 기능을 담당하므로 안정적 치수기능 확보가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 청라지구 홍수시 공촌천, 심곡천 수위 상승, 하천 및 중앙호수 배수문 운영, 내부수로 수위조절을 위한 배수펌프 계획을 종합적으로 고려하여 치수안정성을 평가하였다. 100, 200년 빈도 및 500년 빈도 홍수시 조위조건 및 배수문 운영에 따른 지점별 홍수위를 산정하고 상황별 홍수조절방안 및 비상경보 발령체계를 수립하였다.

2. 유역의 특성 및 홍수량 산정

2.1 유역 및 하천현황

인천청라지구 경제자유구역의 하천은 서해로 직접 유입되는 지방 2급 하천인 공촌천과 심곡천이 있다. 공촌천은 유역면적 약 17.49km², 유로연장 10.30km 이며 심곡천은 유역면적 18.42km², 유로연장 9.78km이다. 두 하천 모두 하구에 3×5×4(m)련의 배수갑문을 이용하여 하천 내수위를 조절한다. 개발예정인 인천청라지구 내부의 중앙호수는 수면적이 약 253,005m²이며 평상시에는 친수, 생태공간으로 이용되고 홍수시에는 하천배수문을 개방하여 공촌천, 심곡천의 홍수량을 저류하는 저류지 역할을 담당한다. 내부수로는 하폭이 8-15m 이며 청라지구의 중심부를 기준으로 동측수로, 서측수로로 구성되며 내부주운 기능을 담당한다. 내부수로는 평상시 호수공원과 연결되어 선박의 자유로운 진출입이 가능하며 홍수시에는 배수문 및 배수펌프장을 이용하여 중앙호수, 하천으로 내수배제를 실시하여 제한수위 El. 1.2m를 넘지않는 것으로 계획되어있다.

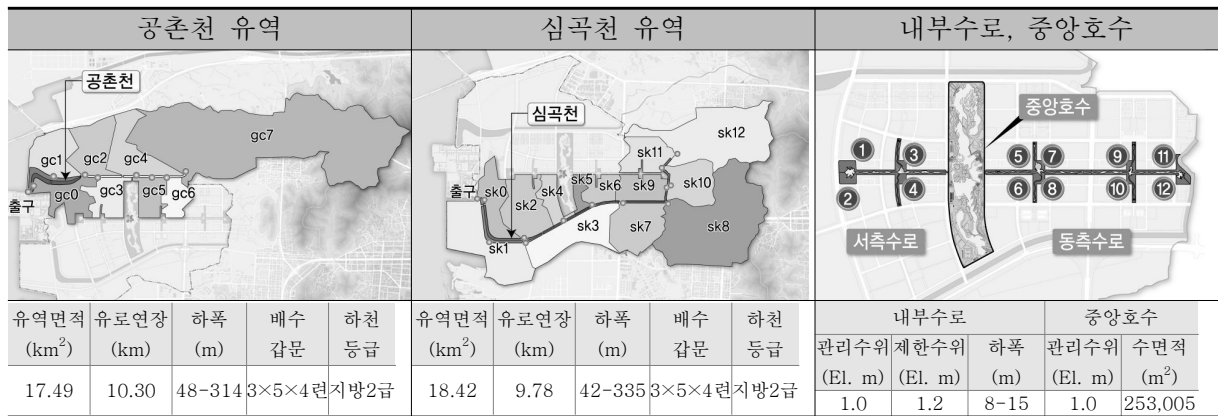


그림 1. 유역 및 하천현황

2.2 인천항 조위 및 하천, 호수공원 내용적 산정

공촌천, 심곡천 홍수시 내수위 산정과 하천배수문 운영에 따른 중앙호수, 하천의 수위변화를 계산하기 위해서는 인천항 조위 및 하천, 중앙호수 내용적 산정이 필요하다. 인천항 조위조건은 대조평균고조위(El, 3.989m), 약최고고조위(El, 4.635m), 고극조위(El, 5.395m), 고극조위+폭풍해일고(El, 3.825m)이며 조위조건에 따른 지속기간별 홍수량 유입시 내수위가 최대가 되는 시간을 찾아 최악의 시나리오에 대한 모델링을 수행하였다

하천, 호수공원 내용적 산정은 횡단측량 및 계획단면 데이터를 이용하여 지점별 x, y, z 자료를 추출하여 Arcview에서 TIN 자료로 변환 후 Spatial Ananlystist 기능 중 Area and Volume Statistics 를 이용하여 표고별 내용적을 정밀하게 산정하였다(그림 2).

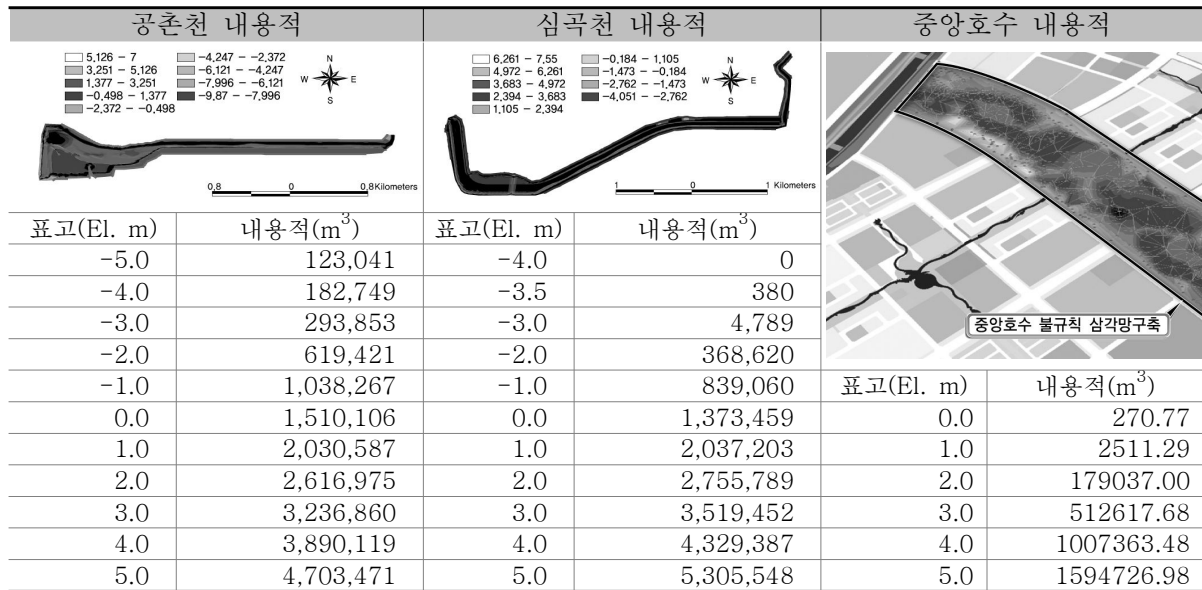


그림 2. 하천 및 중앙호수 내용적 작성

2.3 홍수량 산정

공촌천, 심곡천유역에 대한 유역출구지점의 홍수량을 산정하였다. 홍수량 산정은 Clark 유역추적법을 적용하였으며 빈도별 홍수에 대한 임계지속기간을 산정하였다(표 1). 임계지속기간은 780 분으로 공촌천, 심곡천 유역에서 동일하게 산정되었다.

표 1. 빈도별 첨두홍수량 산정결과

구 분	공촌천 유역			심곡천 유역		
	100년	200년	500년	100년	200년	500년
첨두홍수량(m ³ /s)	206.7	247.8	308.3	239.0	287.2	366.3

3. Full Network를 이용한 지점별 홍수위 산정

3.1 배수문 운영방안

공촌천-중앙호수-심곡천 연계운동을 통한 지점별 홍수위 산정은 Full Network 를 이용하였다. 홍수위산정을 위하여 호수 및 조위조건에 따른 하천배수문, 내부수로 배수문 운영 및 내부수로 내수배제를 위한 펌프장 가동방안을 수립하였다(그림 3).

구 분	호수조건	하천 배수문	내부수로 배수문	내부수로 펌프
1 단계	강우초기시	개 방	개 방	미가동
2 단계	중앙호수, 내부수로 수위 상승시	차 단	차 단	가 동
3 단계	하천수위 계획홍수위 이상시	개 방	차 단	가 동

그림 3. 호수조건에 따른 배수문, 내부수로 펌프운영 계획

내부수로 배수문은 강우초기에 중앙호수로 자연배제되어 하천으로 최종방류되나 호수가 지속되어 중앙호수, 내부수로 수위가 동시에 상승하게 되면 내부수로 배수문은 즉시 차단하고 배수펌프를 가동하여 부지와 직접 연결되어 있는 내부수로의 치수안정성을 확보하게 된다. 또한, 호수가 지속되어 공촌천, 심곡천의 수위가 계획홍수위 이상이 되면 하천배수문을 개방하여 중앙호수를 홍수조절용 저류지로 활용하게 된다. 본 연구에서는 하천배수문 운영에 따른 중앙호수 저류시설 활

용효과 분석을 위하여 100년, 200년빈도 홍수 유입시 조위조건별 내수위 변화를 계산하였다. 수치 모의는, 공촌천-중앙호수-심곡천을 연계운명을 위하여 HEC-RAS의 Full Network를 이용하였으며 심곡천, 공촌천과 중앙호수를 연결하는 하천배수문은 계획홍수위 El. 3.75m 이상인 경우 개별적으로 개방하도록 하였다. 모형 수행결과, 계획빈도 홍수시 하천배수문 개방을 통하여 중앙호수를 저류지로 활용할 경우 200년빈도, 약최고고조위 내습시에도 청라지구 전체의 치수안정성을 확보할수 있다. 그러나, 200년 빈도 고극조위 이상의 기상조건인 경우에는 심곡천의 홍수위가 계획제방고 El. 4.55m를 넘어 비상대처계획 수립이 필요한 것으로 분석되었다(표 2, 그림 4).

표 2. Full Network를 이용한 지점별 홍수위 산정결과

빈도	외조위조건	공촌천 (El. m)	심곡천 (El. m)	중앙호수 수위(El. m)	빈도	외조위조건	공촌천 (El. m)	심곡천 (El. m)	중앙호수 수위(El. m)
100년	대조평균고조위	3.64	3.84	2.365	200년	대조평균고조위	4.05	4.11	3.83
	약최고고조위	3.75	3.81	3.02		약최고고조위	4.28	4.36	4.06
	고극조위	3.89	3.89	3.61		고극조위	4.53	4.60	4.30

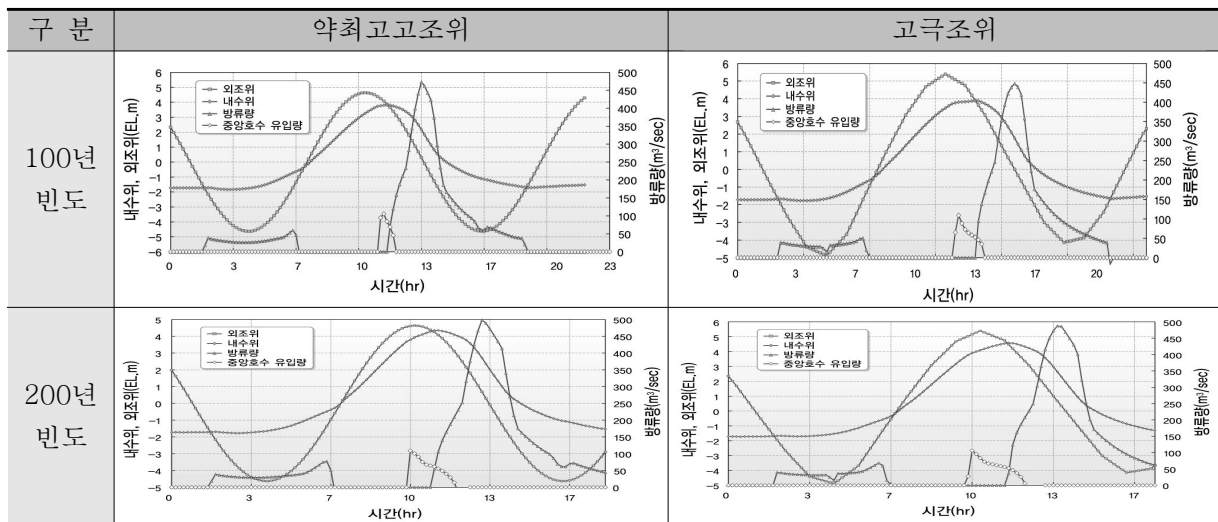


그림 4. 중앙호수 저류시설 활용시 내수위 (빈도별 홍수, 약최고고조위, 고극조위시)

이상의 분석결과를 토대로 도시홍수방어체계 구축을 위하여 3단계의 치수안정성 확보 계획을 수립하였다. 하천배수문 개방-차단계획을 고려하여 1단계, 계획빈도이하 홍수시에는 하천배수문을 차단하고 2단계, 계획빈도 이상홍수시에는 하천배수문을 개방 중앙호수를 방제시설로 활용, 3단계, 비상상황시 경보발령로 구분하여 상황별 도시홍수방어체계를 제시하였다.

4. 비상경보체계 구축

200년 빈도 홍수량, 약최고고조위 이상의 기상조건인 경우 도시홍수방어체계를 마련하여야 하므로 최악을 조건에 대하여 하천 내수위의 시간대별 변화를 모델링하였다(그림 5). 200년, 500년 빈도 호우시 고극조위, 폭풍해일고 내습조건에 대한 하천별 내수위 곡선을 작성하고 하천홍수위가 계획제방고 El. 4.55m 상승 30분전에 경보발령, 10분전에 비상경보를 발령하도록 청라지구의 경보발령체계를 수립하였다. 이와는 별도로 중앙호수는 호우로 인한 배수문 차단즉시 경보발령, 하천수위가 계획홍수위 이상시 하천배수문 개방 10분전에 비상경보를 발령하는 것으로 기준을 수립하였다. 경보발령, 비상경보발령 시간은 공간적 여건에 따라서 변경이 가능할 것이다(표 3).

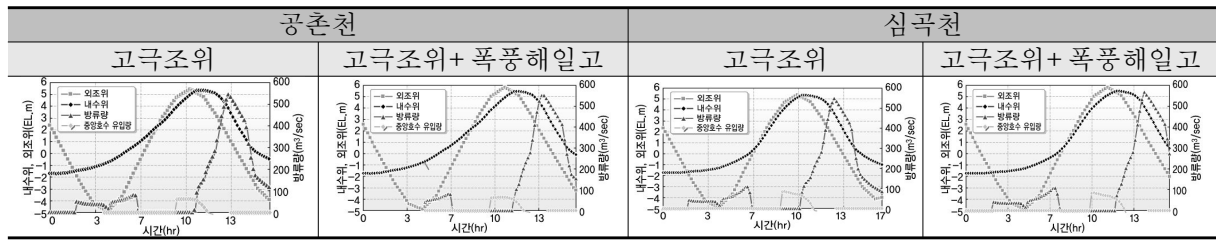


그림 5. 500년 빈도, 고극조위, 폭풍해일고 내습시 하천별 내수위 곡선

표 3. 비상경보 발령체계 기준

구분	경보발령	비상경보발령
하천 수위상승	하천홍수위 계획제방고 El. 4.55m 상승 30분전	하천 홍수위 계획제방고 El. 4.55m 상승 10분전
중양호수 수위상승	호우로 인한 하천 배수문 차단 즉시	하천수위 계획홍수위 이상시 배수문 개방 10분전

수위 변화 및 빈도별 강우분석 결과를 바탕으로, 모니터링 시스템의 관측결과와 연계한 비상경보발령체계 수립을 위하여 정량적인 비상경보 발령수치를 수위, 강우형태로 제시하였다. 검토결과, 비상경보발령은 공촌천 수위 El. 3.85m, 심곡천 수위 El. 3.73m, 강우강도 39.7mm/hr 이상시이다(표 4).

표 4. 빈도별 호우시 경보발령 체계 수립

구분	호우 빈도	조위조건	경보발령		비상경보발령		하천 최고내수위 (El. m)	중양호수 최고내수위 (El. m)	강우 강도 (mm/hr)
			수위 (El. m)	시간 (분)	수위 (El. m)	시간 (분)			
공촌천	200년	고극조위	-	-	-	-	4.53	4.30	31.683
		고극조위+폭풍해일고	4.22	690	4.41	710	4.64	4.39	31.683
	500년	고극조위	3.86	600	4.26	620	5.31	5.25	39.687
		고극조위+폭풍해일고	3.85	600	4.25	620	5.48	5.42	39.687
심곡천	200년	고극조위	4.35	690	4.49	710	4.60	4.30	31.683
		고극조위+폭풍해일고	4.28	680	4.43	700	4.64	4.39	31.683
	500년	고극조위	3.74	580	4.18	600	5.35	5.25	39.687
		고극조위+폭풍해일고	3.73	580	4.17	600	5.50	5.42	39.687

5. 결론

인천청라지구 경제자유구역의 도시홍수방어체계 구축을 위하여 3단계의 치수안정성 확보 계획을 수립하였다. 하천, 내부수로 수위 변화에 대한 하천배수문 운영계획을 고려하여 계획빈도이하 홍수, 계획빈도이상 홍수, 비상상황시로 구분하여 상황별 홍수조절방안을 제시하였다. 또한, 기상 조건에 따른 시간대별 내수위 분석을 통하여 비상경보 발령을 위한 정량적 수치를 제시하였다. 본 연구에서 제시한 경보발령 수위, 강우강도는 모니터링 시스템과 연계한 홍수예경보 시스템운영에 활용 가능할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 (주)삼안의 청라지구 주운시설 건설공사 기본설계의 치수안정성 확보방안 수립시 적용된 연구성과입니다.

참고 문헌

1. US Army Corps of Engineers, 2001, HEC-RAS River Analysis System